



(3)

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 41 01 270 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁵:
H 04 L 5/22

②1 Aktenzeichen: P 41 01 270.4
②2 Anmeldetag: 17. 1. 91
④3 Offenlegungstag: 23. 7. 92

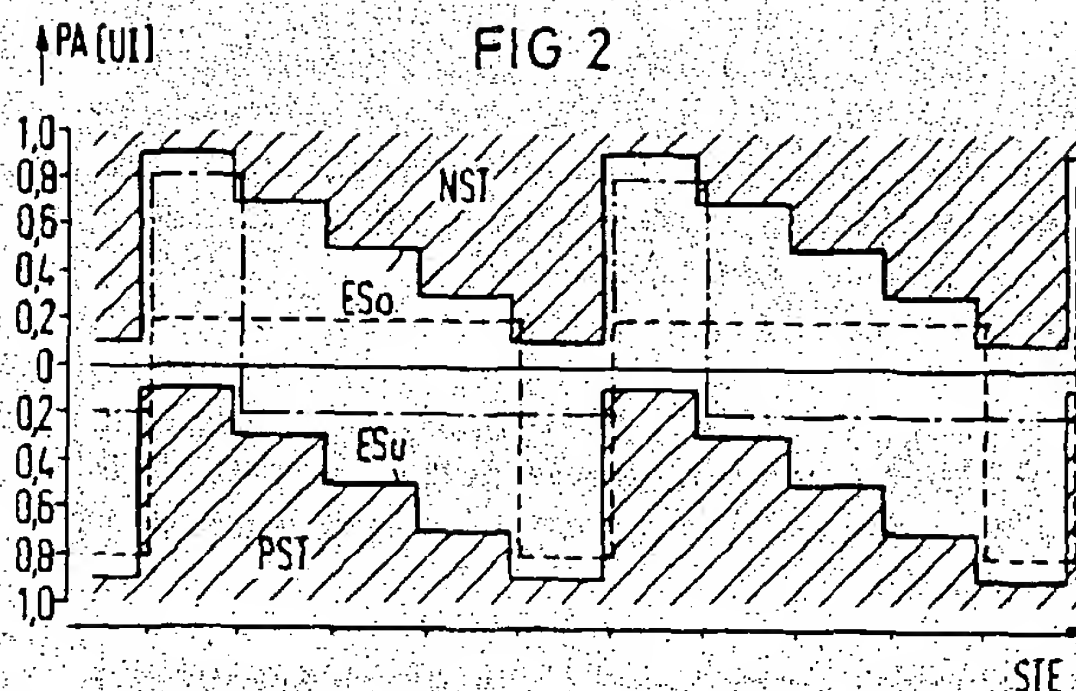
DE 41 01 270 A 1

⑦1 Anmelder:
Siemens AG, 8000 München, DE

⑦2 Erfinder:
Volejnik, Wilhelm, Dipl.-Ing., 8029 Sauerlach, DE

⑤4 Verfahren zur Übertragung von Digitalsignalen

⑤7 Bei der Übertragung von in einem Multiplexsignal verschachtelten Digitalsignalen wird die Anpassung plesiochroner Taktfrequenzen auch mittels Positiv-Null-Negativ-Stopfen vorgenommen. Dabei können die zeitlichen Abstände der Phasensprünge groß gegen die Zeitkonstante eines durch eine empfangsseitige Phasenregelschleife gebildeten Phasentiefpasses sein, was einen Jitter von nahezu 1 UI bedingt. Dieser Jitter läßt sich reduzieren, wenn zusätzliche Stopfvorgänge paarweise derart eingefügt werden, daß auf einen zusätzlichen positiven Stopfvorgang (PST) ein ebensolcher negativer (NST) folgt oder insgesamt umgekehrt und wenn die zeitlichen Abstände innerhalb der Paare und/oder zwischen den Paaren derart gewählt werden, daß der Mittelwert der Phasendifferenz zwischen sendeseitig ankommendem und sendeseitig abgehendem, im Multiplexsignal enthaltenem Digitalsignal gemittelt über einer bestimmten Zeitdauer annähernd konstant bleibt.



DE 41 01 270 A 1

Beschreibung

In dem Loseblattwerk "Digitale Übertragungstechnik", Kahl, R. v. Becker's Verlag, G. Schenck Heidelberg sind im Abschnitt 1.4, Seiten 8 bis 12 und 15 bis 20 Lfg. Mai 1983 und Seiten 13 bis 14 Lfg. Mai 1984 die Positiv-, die Negativ- und die Positiv-Null-Negativ-Stopftechnik beschrieben.

Um mehrere Digitalsignale in einem gemeinsamen Multiplexsignal übertragen zu können, muß die Übertragungsbitrate, die im Multiplexsignal für die einzelnen zu übertragenden Digitalsignale reserviert ist, an die Bitrate der Digitalsignale anpaßbar sein. Das Multiplexsignal enthält hierzu in periodischen Abständen Stopfstellen, die je nach Bedarf Bits des Digitalsignals oder Leerbits enthalten.

Enthält die Stopfstelle planmäßig Datenbits des Digitalsignals und Leerbits in dem Ausmaß, in dem die Bitrate des Digitalsignals hinter der reservierten Übertragungsbitrate zurückbleibt, wird das Einfügen der Leerbits in die Stopfstellen als Positiv-Stopfen bezeichnet.

Enthält die Stopfstelle planmäßig Leerbits und Datenbits des Digitalsignals in dem Umfang, in dem die Bitrate des Digitalsignals die der reservierten Übertragungsbitrate überschreitet, wird das Einfügen der Datenbits in die Stopfstellen als Negativ-Stopfen bezeichnet.

Stopfverfahren, die beide Stopfarten nutzen, werden als Positiv-Null-Negativ-Stopfverfahren bezeichnet.

Diese Verfahren werden auch dann angewendet, wenn Multiplexsignale einer unteren Hierarchie-Ebene zu einem gemeinsamen Multiplexsignal einer oberen Hierarchie-Ebene zusammengefaßt werden sollen.

Jeder Stopfvorgang erzeugt einen Phasensprung des zu übertragenden Signals um ein UI (Unit Interval). Positives Stopfen bewirkt ein Zurückbleiben der Phase um ein UI; negatives Stopfen ein Voreilen der Phase um ein UI. Die Phasensprünge werden am Zielort bei Rückgewinnung des übertragenen Signals aus dem Multiplexsignal durch eine Phasenregelschleife PLL geglättet. Diese wirkt für die Phase wie ein Tiefpaß mit einer Frequenz f_0 . Die Zeitkonstante des Tiefpasses ist $T = 1 : 2 \cdot \pi \cdot f_0$. Die Amplitude der durch Stopfen verursachten Phasensprünge (Jitter) wird durch den Phasentiefpaß stark reduziert, falls der zeitliche Abstand der Phasensprünge sehr klein gegen die Zeitkonstante T ist, d. h. falls die Häufigkeit der Stopfvorgänge sehr groß gegen die Grenzfrequenz f_0 ist.

Beim Positiv-Null-Negativ-Stopfverfahren können die zeitlichen Abstände der Phasensprünge groß gegen die Zeitkonstante T sein. In diesem Fall werden die Amplituden der Phasensprünge durch die Phasenregelschleife wenig gedämpft, die Werte des Jitters betragen nahezu ein UI.

Aus der Veröffentlichung "Jitter Analysis of Asynchronous Payload Mappings", T1X1.4/86 - 447, Contribution to T1 Standards Projekt-T1X1.4, 12.11.86, Seiten 9 und 10 ist weiter eine "threshold modulation" bekannt, bei der Schwellen des Phasenabstands zwischen einem sendeseitig ankommenden und einem sendeseitig abgehenden Digitalsignal variiert werden, so daß zusätzliche Stopfvorgänge entstehen. Der Jitter nimmt dabei eine höhere Frequenz an, die leichter gefiltert werden kann.

Der im Anspruch 1 angegebenen Erfindung liegt das Problem zugrunde, die Jitterwerte beim Positiv-Null-Negativ-Stopfen weiter zu reduzieren.

Die im Anspruch 1 genannten ankommenden Digitalsignale können auch Multiplexsignale einer niederen

Ordnung als die des abgehenden sein. Die genannte Zeitdauer entspricht der Zeitkonstante des Tiefpasses.

Der mit der Erfindung erzielte Vorteil besteht darin, daß der Mittelwert der Phase weniger schwankt.

Ausgestaltungen des Verfahrens sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben:

Fig. 1 zeigt einen bekannten Verlauf der Phasenabweichung eines zu übertragenden Digitalsignals relativ zum Sollwert der Phase über viele Rahmen beim bekannten Positiv-Null-Negativ-Stopfen,

Fig. 2 zeigt einen Verlauf der Phasenabweichung eines zu übertragenden Digitalsignals relativ zum Sollwert der Phase normiert über einigen der Stopfentscheidungszeitpunkten beim erfindungsgemäßen Verfahren und

Fig. 3 zeigt einen Verlauf der Phasenabweichung des übertragenen Digitalsignals relativ zum Sollwert der Phase über der Rahmenzahl nach Fig. 1 unter Verwendung des Verfahrens nach Fig. 2.

Fig. 1 zeigt den Verlauf der Phasenabweichung PA in UI (Unit Interval) des zu übertragenden Digitalsignals relativ zum Sollwert der Phase über einer Zeitdauer von zweihundert Rahmen R mit Positiv-Null-Negativ-Stopfen. Es ist eine konstante obere Entscheiderschwelle ESo bei $+0,5$ UI und eine untere Entscheiderschwelle ESu bei $-0,5$ UI festgelegt. Die Stopfrate ist zu 0,01 gewählt.

Die Phasenabweichung PA nimmt in diesem Beispiel gleichmäßig um $0,01$ UI pro Rahmen zu. Nach Überschreiten der oberen Entscheiderschwelle ESo bei $+0,5$ UI wird negativ gestopft (NST), wodurch die Phasenabweichung PA um 1 UI auf einen Wert von etwa $-0,5$ UI springt. Anschließend nimmt sie wieder gleichmäßig um $0,01$ UI pro Rahmen R zu. Nach 100 Rahmen R wird die Entscheiderschwelle $+0,5$ UI wieder erreicht. Dies ergibt einen langsamen Jitter, der von einem in einem Empfänger angeordneten Phasentiefpaß, der durch die Phasenregelschleife (PLL) eines Desynchronizers gebildet wird, nur mangelhaft gedämpft werden kann.

Fig. 2 zeigt einen Verlauf der Phasenabweichung PA eines zu übertragenden Digitalsignals relativ zum Sollwert der Phase normiert über einigen Stopfentscheidungszeitpunkten STE. Mit dicken Strichen ist eine obere Entscheiderschwelle ESo und eine untere Entscheiderschwelle dargestellt, deren beider Wert sägezahnförmig in Stufen von $0,2$ UI derart verändert wird, daß der Abstand zwischen beiden Entscheiderschwellen ESo und ESu stets 1 UI beträgt. Liegt ein Phasenabstand PA zu einem Zeitpunkt einer Stopfentscheidung STE über der oberen Entscheiderschwelle ESo, wird negativ gestopft NST. Liegt der Phasenabstand PA dagegen unterhalb der unteren Entscheiderschwelle ESu, wird positiv gestopft PST. Als Folge jedes Stopfvorgangs ändert sich der Phasenabstand PA um 1 UI.

Die durchgezogene dünne Linie zeigt einen optimalen Phasenabstand PA, bei dem kein Stopfen erforderlich ist. Die strichpunktierte und die gestrichelte Linie zeigen dagegen zwei Phasenlagen, bei denen jeweils paarweise gestopft wird. Der Mittelwert - gemittelt über die Dauer eines Sägezahns - beträgt jedoch ebenso wie bei der optimalen Phasenlage etwa null.

Fig. 3 zeigt einen Verlauf der Phasenabweichung des zu übertragenden Digitalsignals relativ zum Sollwert der Phase nach Fig. 1 unter Verwendung des Verfahrens nach Fig. 2. Bei einer gegenüber Fig. 1 unveränderten

Stopfrate von 0,01 wird die obere Entscheiderschwelle ESo derart variiert, daß sie in aufeinanderfolgenden Rahmen R die von Fig. 2 abweichenden Werte 1 UI, 0,75 UI, 0,5 UI und 0,25 UI durchläuft, worauf sie wieder auf 1 UI springt. Die untere Entscheiderschwelle ESu verläuft hierzu parallel mit um 1 UI tieferen Werten. Dies wiederholt sich alle vier Rahmen R.

Die vorstehenden Zahlen wurden so gewählt, daß der erfindungsgemäße Effekt möglichst klar erkennbar wird. Im hier gewählten Beispiel beträgt $N = 4$ und die Stufenhöhe $1/4$ UI. Nach 25 Rahmen R setzt positives und nachfolgendes negatives Stopfen paarweise derart ein, daß der Mittelwert der Phasenabweichung PA möglichst nahe bei einer Phasenabweichung null liegt; beim gewählten Beispiel auf 0,25 UI genau. Der Abstand zwischen positivem Stopfen PST und negativem Stopfen NST, der anfänglich nur einen Rahmen R beträgt vergrößert sich mit zunehmender Anzahl der Rahmen R. Etwa beim hundertsten Rahmen, bei dem die Phasenabweichung PA kurzzeitig etwa 1 UI erreicht, entfällt nach einem positiven Stopfvorgang PST der zugehörige negative NST. Etwa beim 125-sten Rahmen findet ein weiterer positiver Stopfvorgang PST statt, der wieder unmittelbar von einem negativen Stopfvorgang NST gefolgt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Übertragung von Digitalsignalen, bei dem diese sendeseitig zu einem Multiplexsignal gemultiplext und durch Positiv-Null-Negativ-Stopfen an dessen Takt angepaßt werden, bei dem über die zur Anpassung notwendigen Stopfvorgänge bei Erreichen einer oberen (ESo) und einer unteren (ESu) Entscheiderschwelle des Phasenabstands zwischen einem sendeseitig ankommenden und einem sendeseitig abgehenden, im Multiplexsignal enthaltenen Digitalsignal hinaus zusätzliche Stopfvorgänge erzeugt werden, bei dem das abgehende Multiplexsignal empfangsseitig gedemultiplext wird und bei dem die empfangenen Digitalsignale innerhalb jeweils einer bestimmten Zeitdauer (T) in der Phase ausgeglichen werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zusätzlichen Stopfvorgänge paarweise derart auftreten, daß auf einen zusätzlichen positiven Stopfvorgang ein ebensolcher negativer folgt oder insgesamt umgekehrt, daß die zeitlichen Abstände innerhalb der Paare und/oder zwischen den Paaren derart gewählt werden, daß der Mittelwert der Phasendifferenz zwischen sendeseitig ankommendem und sendeseitig abgehendem, im Multiplexsignal enthaltenem Digitalsignal, gemittelt über der bestimmten Zeitdauer (T), annähernd konstant bleibt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die obere (ESo) und die untere (ESu) Entscheiderschwelle des Phasenabstands fortlaufend von Rahmen zu Rahmen während eines Überrahmens über N Stufen gleichmäßig und gleichsinnig bis auf nahezu ein Unit Interval erhöht und dann wieder auf den originären Wert zurückgesetzt werden oder umgekehrt und daß bei Erreichen der oberen Entscheiderschwelle (ESo) negativ und bei Erreichen der unteren Entscheiderschwelle (ESu) positiv gestopft wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekenn-

zeichnet, daß der Überrahmen einerseits möglichst groß und andererseits derart gewählt wird, daß sich in ihm die Phase des ankommenden Digitalsignals relativ zum im Multiplexsignal übertragenen Digitalsignal um weniger als $1/N$ Unit Interval ändert.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3 unter sendeseitiger Verwendung eines Pufferspeichers, dadurch gekennzeichnet, daß die Stufenhöhe derart gewählt wird, daß sie ein ganzzahliges Vielfaches des Werts ist, um den sich die Füllung des Pufferspeichers pro Takt des Multiplexsignals der oberen Hierarchieebene ändert.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

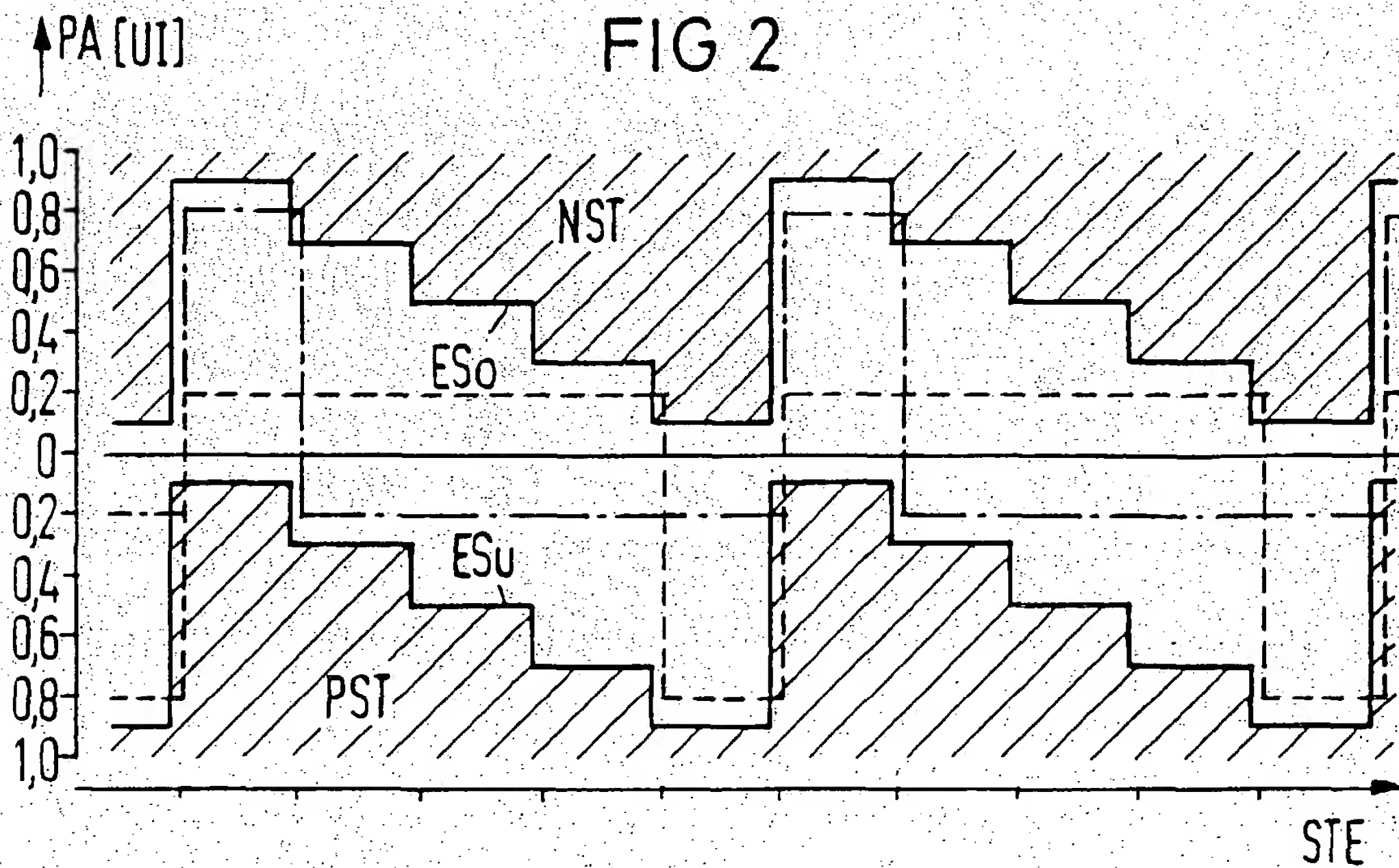
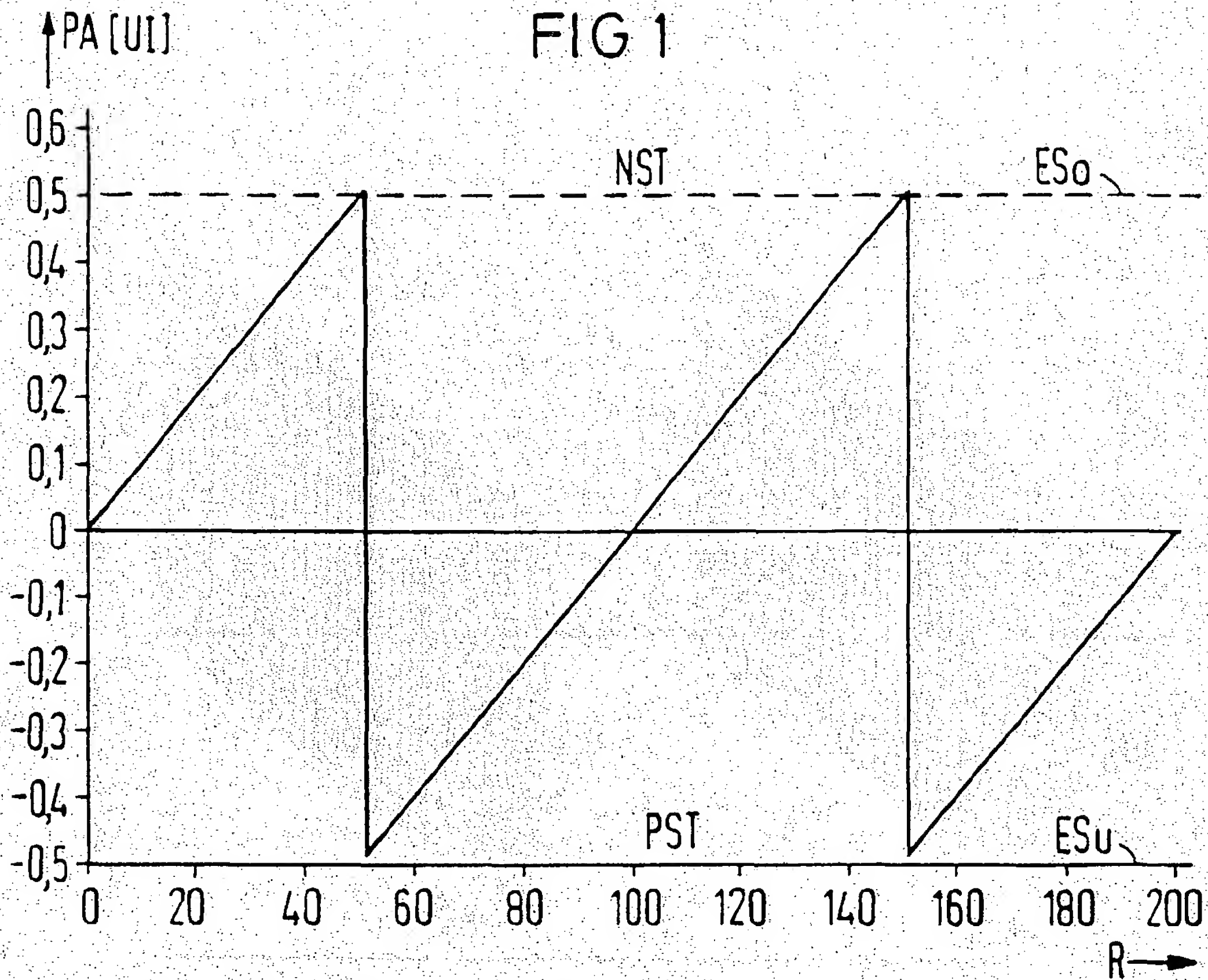


FIG 3

